

Irradiación Simultánea de Múltiples Metástasis Cerebrales con Técnica de VMAT: Comparación con Radiocirugía

Simultaneous Irradiation of Multiple Brain Metastases with VMAT Technique: Comparison with Radiosurgery

J. Fajardo ^a J. Dávila ^{a,b},

^aEscuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

^bGrupo de Radioterapia Oncológica GURVE, Caracas, Venezuela

Recibido: 19/4/2015; revisado: 1/7/2015; aceptado: 13/7/2015

J. Fajardo, J. Dávila: Irradiación Simultánea de Múltiples Metástasis Cerebrales con Técnica de VMAT: Comparación con Radiocirugía. *Jou.Cie.Ing.* 7 (1): 19-23, 2015. ISSN 2145-2628.

Resumen

Se estudió la aplicación de la técnica VMAT (Radioterapia de Intensidad Modulada en Arcos) con colimador de 120 láminas, para la implementación de esta técnica como alternativa a la radiocirugía estereotáctica. Para ello se realizaron planes de tratamiento (simulaciones) bajo técnica VMAT, mediante planificación inversa y la posterior verificación (medición) física de los planes a 10 pacientes con múltiples metástasis cerebrales y tumor primario controlado, encontrándose un aceptable índice de conformación para esta modalidad (comparable a los de radiocirugía) en lesiones mayores a 1,5cm, así como dosis de radiación en los órganos sanos por debajo de las dosis límites de tolerancia en todos los casos.

Palabras Clave: IMRT, VMAT, Metastasis Cerebrales, Radiocirugía.

Abstract

It was studied the application of VMAT technique (Volumetric Modulated Arc Therapy) with a multileaf collimator of 120 leaves, for implementation of this technique as an alternative to stereotactic radiosurgery. To achieve this goal, treatment plans (simulations) were made under VMAT technique using inverse planning and furthermore the physical verification of these plans to 10 patients with multiple brain metastases and primary tumor controlled, finding an acceptable conformation index for this modality (comparable to radiosurgery) in lesions with 1,5cm or more. The doses of radiation in the healthy organs were below the tolerance dose in all cases.

Keywords: IMRT, VMAT, Brain Metastases, Radiosurgery.

1. Introducción

Se realizó la planificación del tratamiento radiante (simulación), bajo la técnica de VMAT en única sesión a 10 pacientes objetos de estudio con múltiples metástasis cerebrales, posteriormente fueron verificados el índice

de conformación y la cobertura del blanco de esta modalidad y se compararon con los obtenidos en el tratamiento con radiocirugía. Estos parámetros permiten una comparación cualitativa y cuantitativa de una técnica con otra y de acuerdo a los resultados, es reportada la pertinencia de la implementación de la técnica

de VMAT como método alternativo de tratamiento radiante en determinados casos de múltiples metástasis cerebrales [1].

El uso de VMAT como modalidad de tratamiento para metástasis cerebrales, ha sido investigado en diversos estudios. Particularmente, para múltiples metástasis, Wolff demostró en un estudio que VMAT con único isocentro y un único arco ofrece una aproximación bastante razonable a las distribuciones de dosis de radiocirugía, con menor tiempo de tratamiento, menor dosis total y una mejor conformidad comparada con la técnica de arco circular. Clark también mostró que los planes VMAT con único isocentro, pueden lograr conformidad equivalente a los planes VMAT multi-isocéntricos en múltiples metástasis cerebrales [2–5]. Tanto la radiocirugía como la técnica de VMAT resultan convenientes en el tratamiento de metástasis cerebrales, respecto a la técnica de radioterapia holocraneal [6], ya que en ésta última, se recibe una mayor dosis de radiación en tejido sano, respecto a las dos primeras, donde la distribución de las dosis de radiación, resulta más óptima [6–9].

2. Metodología

Fueron escogidos pacientes pertenecientes al Grupo de Radioterapia Oncológica GURVE ubicado en el Centro Médico Docente La Trinidad, Caracas, Venezuela, con ingreso a dicho centro desde el año 2010, hasta 2014, siguiendo los siguientes criterios:

- Pacientes con 2 o más metástasis cerebrales.
- Enfermedad primaria controlada.
- Candidatos a radiocirugía.
- Imágenes de resonancia magnética y tomografía computarizada de alta resolución con protocolo de radiocirugía estereotáctica.

Haciendo uso de las imágenes digitales de alta resolución, fueron hechas las simulaciones mediante algoritmo VMAT de planificación inversa [1] (según las recomendaciones de dosis a lesiones de la RTOG) [3, 10].

Una vez obtenidas las distribuciones de dosis, fue verificada la cobertura del blanco, cuidando que la dosis prescrita cubriese el 100 % del volumen de la lesión, lo que en la Figura 1, corresponde a que la línea sólida quede totalmente inscrita en la línea punteada.

Sabiendo que las lesiones estaban cubiertas por el 100 % de la isodosis de prescripción, fueron verificadas las dosis en órganos sanos, es decir, que no excedieran las dosis de tolerancia, mediante el análisis de los DVH (Histograma Dosis-Volumen) para cada órgano a riesgo (encéfalo sano, ojos, tracto óptico, hipocampo, cócleas

y tallo cerebral), así como mediante el análisis de las distribuciones que el sistema arrojaba en las imágenes en forma de curvas de isodosis.

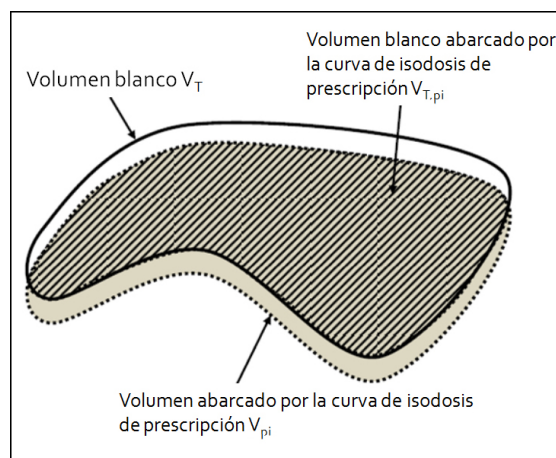


Fig. 1. Ilustración de los volúmenes bajo consideración.

Al constatar que a los órganos a riesgo, les eran entregadas dosis de radiación, por debajo de las dosis de tolerancia, fue calculado el índice de conformación (1) por lesión (Fig. 1).

$$IC_{RTOG} = \frac{V_{pi}}{V_T} \quad (1)$$

2.1. Materiales y Equipos

- Imágenes (IRM y CT) de alta resolución bajo protocolo de radiocirugía con máscara estereotáctica.
- Acelerador Lineal Varian Trilogy®.
- Sistema de Planificación Varian Eclipse® V.-10.1.
- Sistema de verificación de dosis PTW Octavius®, con 729 cámaras de ionización, campo máximo de medida de 27x27cm².
- Software de verificación PTW Verisoft® V.-5.1.

3. Resultados

3.1. Pacientes Objetos de Estudio

Se estudió un total de 10 pacientes, con edades comprendidas entre los 42 y 73 años, con un promedio de 58,9 años. La distribución por sexos fue de un 40 % hombres (4 pacientes) y 60 % mujeres (6 pacientes), de los cuales, 40 % (4 pacientes) presentaron primario de CA de mama y 60 % (6 pacientes) de CA de pulmón.

4. Datos de Lesiones y Estructuras a Riesgo

Fueron estudiadas en total 54 lesiones con ubicación diversa, distribuidas como se muestra en la Figura 2.

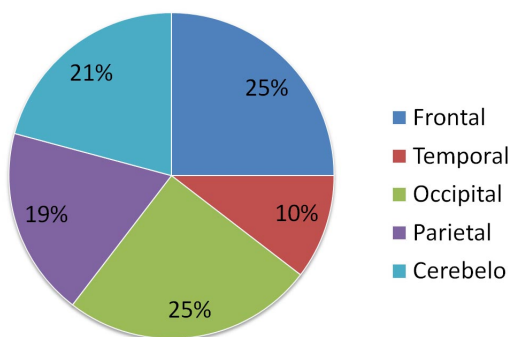


Fig. 2. Distribución de lesiones en encéfalo.

Los volúmenes de las lesiones, individualmente, oscilaban entre 0,02cc y 18,34cc, para una media de 1,99cc. El volumen de la enfermedad metastásica, se encontraba comprendido entre 1,1cc y 28,42cc, para una media de 9,37cc. El número de lesiones/paciente oscilaba entre 2 y 11, con una media de 4,6. El índice de conformación logrado, fué como mínimo de 1,10, máximo de 10,50, para una media de 2,18, destacando que el índice de 10,50 corresponde a la lesión más pequeña de 0,02cc. Las dosis entregadas a las lesiones fueron de 18Gy, 20Gy y 24Gy, según las consideraciones de la

RTOG [3,8,11].

En la figura 3, pueden observarse comparativamente las dosis impartidas al 100 % del volumen de las lesiones, y las dosis recibidas (promedio) por el 100 % del volumen de los órganos sanos.

Tabla 1. Restricciones de dosis en órganos a riesgo para tratamientos de única sesión..

Tejidos en Serie	Volumen (ml)	Dosis máxima en el volumen (Gy). Tratamiento de fracción única	Dosis puntual máxima (Gy)	Efectos secundarios
Tracto optico	< 0,2	8	10	Neuritis
Coclea}	—	—	12	Perdida de la audición
Tallo cerebral	< 1	10	15	Neuropatía craneal

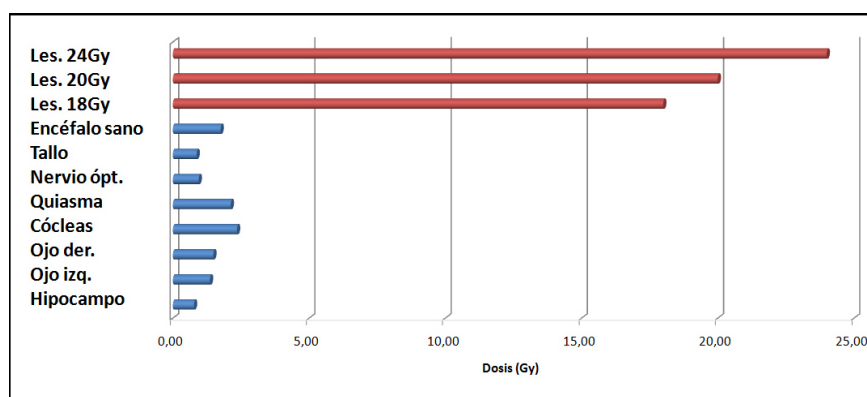


Fig. 3. Gráfico comparativo entre la dosis impartida a las lesiones con las dosis recibidas por los órganos sanos.

Cabe destacar que en ninguno de los casos, la dosis recibida por los órganos sanos fue superior a la dosis de tolerancia de éstos para tratamientos de única sesión (Tabla 1), punto decisivo y en extremo importante, en cuanto a prevención de efectos determinísticos y

estocásticos en el paciente [11–19].

El comportamiento del índice de conformación, respecto al volumen de la lesión, puede observarse en la figura 4.

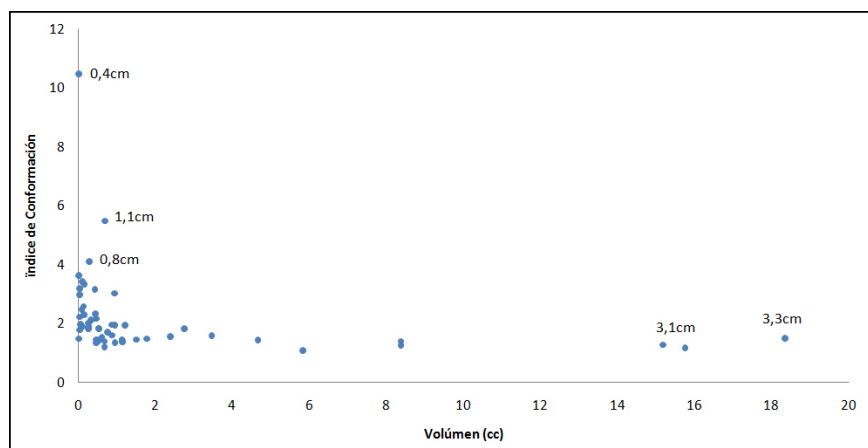


Fig. 4. Comportamiento del índice de conformación vs. el volumen de cada lesión.
Se muestra el diámetro medio en cm para casos límite (simulación).

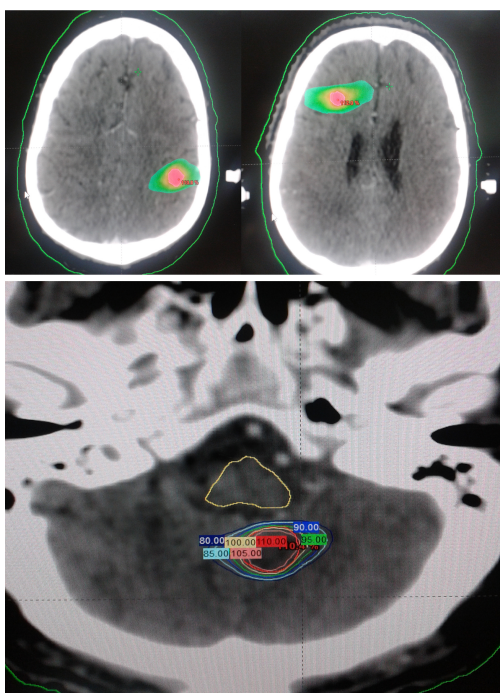


Fig. 5. Ejemplo de algunas de las distribuciones de dosis obtenidas en las simulaciones: en la parte superior se muestran las distribuciones en modo "dose color wash". En la parte inferior se observa la distribución en forma de curvas de isodosis, así como el tallo cerebral delimitado en color amarillo [1].

Se observa que a medida que el volumen de la lesión se incrementa, disminuye el índice de conformación. Sin embargo, hay casos de volúmenes bajos con índices de conformación también bajos. Se asocia el aumento del índice de conformación en las lesiones más pequeñas con el hecho de que la modulación de in-

tensidad del haz de radiación se realiza con el MLC Millenium[®] de 120 láminas, cuyas láminas centrales tienen un ancho de 5mm, tamaño mayor (o comparable) al diámetro de las lesiones más pequeñas. Estas mismas razones influyen en la variación del índice de conformación respecto a la dosis prescrita, ya que dosis más altas, implican lesiones más pequeñas y viceversa.

En cuanto a la verificación de los planes, la totalidad de éstos fueron aprobados mediante el método del Análisis Gamma [1, 2], en más de 95 % de los puntos de medición (mínimo estipulado para la aprobación del uso clínico de los planes), lo cual constata la reproducibilidad física de éstos.

El total de puntos que aprobaron el Índice Gamma, estuvo entre 95,6 % y 99,2 %, con una media de 97,9 %. Los errores de medición y reconstrucción son inferiores al 2 % de la dosis medida.

5. Conclusiones

La técnica de irradiación VMAT resulta conveniente para la realización de procedimientos de radiocirugía estereotáctica en lesiones de 1,5cm o mas, ya que, mediante ésta técnica, el tratamiento puede entregarse de forma rápida en comparación a la radiocirugía con colimador micromultiláminas bajo modalidad DCAT o utilizando colimadores circulares (conos).

La ventaja de los tiempos cortos en comparación con la radiocirugía convencional, es un punto importante en centros donde se maneje un elevado volumen de pacientes, además de ser menos extenuante para el paciente. Aunado a esto, un menor tiempo de tratamiento (VMAT reduce el tiempo de tratamiento desde tiempos de un par de horas a tiempos típicos de alrededor de 20 minu-

tos), también se asocia a menor probabilidad de movimiento del paciente, hecho importante a ser tomado en cuenta en tratamientos radiantes y con mayor razón, en tratamientos donde se imparte una alta dosis a volúmenes pequeños, con importantes estructuras a riesgo en las cercanías de las lesiones.

La cobertura total del blanco (cobertura total en todos los casos en las planificaciones realizadas) y los índices de conformación y bajas dosis a órganos sanos logradas con VMAT, como tratamiento para múltiples metástasis cerebrales, son comparables a los que típicamente se obtienen en radiocirugía, salvo en casos de lesiones muy pequeñas, lo que sugieren que ésta modalidad constituye una alternativa en muchos casos, respecto a la radiocirugía convencional [2,3,5].

Los resultados (comportamiento del índice de conformación, así como las dosis recibidas en órganos sanos), sugieren la pertinencia del uso de SRS convencional para lesiones pequeñas (menores a 1,5cm) en las que puede lograrse un índice de conformación superior a VMAT. Para estos casos particulares, sin embargo, se recomienda continuar el trabajo con una mayor estadística de pacientes y lesiones a fin de lograr resultados definitivos.

Referencias

- [1] J. Fajardo. Irradiación simultánea de múltiples metástasis cerebrales con técnica de vmat. comparación con radiocirugía, Tesis de Grado 2014.
- [2] H. Chi. Treatment of multiple brain metastases using stereotactic radiosurgery with single-isocenter volumetric modulated arc therapy: Comparison with conventional dynamic conformal arc and static beam stereotactic radiosurgery. Master's thesis, Duke University, 2012.
- [3] Urdaneta N., Vera A., Peschel R., and Wilson L. *Radioterapia Oncológica - Enfoque Multidisciplinario*. Editorial Disinlimed, Caracas, Venezuela, 2 edición, 2009.
- [4] Najeeb Ashraf Ahmad, Nizar Al Amiri, Ueber J Miola, Khalaf Al Moutaery, and Ch.B. Ostertag. Brain metastases: Surgery, radiosurgery and whole-brain radiation therapy. *Pan Arab Journal of Neurosurgery*, 12(8), 2008.
- [5] Gordon Mark Mancuso. Evaluation of volumetric modulated arc therapy (vmat) patient specific quality assurance. Master's thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, USA., 2011.
- [6] MN Tsao, N. Lloyd, RKS Wong, E. Chow, E. Rakovitch, and N. Laperriere. Whole brain radiotherapy for the treatment of multiple brain metastases. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2), 2016.
- [7] Catharine Elizabeth Talbert. Comprehensive study of parameters for volumetric modulated arc therapy (vmat) treatment planning. Master's thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, USA., 2010.
- [8] C. Yang, N. Sheth, and Y. Chen. Dosimetry comparison of vmat and tomotherapy plans with dose painting in brain metastases. *Medical Physics*, 39(6), 2012.
- [9] K. Smith, E. Ford, J. Wong, and T. McNutt. Volumetric arc treatment of multiple brain metastases. *Medical Physics*, 36(6), 2009.
- [10] A. Rabadán, B. Diez, A. Martínez, J. Antico, P. Saidón, S. Christiansen, and G. Rojas. Consenso para el tratamiento de las metástasis cerebrales. *Revista Argentina de Cancerología*, XXXIV(2), 2006.
- [11] H. Stanley, M. Kamil, D. Followill, J. Galvin, W. Hinson, B. Kavanagh, P. Keall, M. Lovelock, S. Meeks, L. Papiez, T. Purdie, R. Sadagopan, M. Schell, B. Salter, D. Schlesinger, A. Shiu, T. Solberg, D. Song, V. Stieber, W. Timmerman, R. and Tomé, D. Verellen, L. Wang, and F. Yin. Stereotactic body radiation therapy: The report of aapm task group 101. *Medical Physics*, 37, 2010.
- [12] T. Pellmar and D. Lepinski. Gamma radiation (5-10 gy) impairs neuronal function in the guinea pig hippocampus. *Radiation Research*, 136, 1993.
- [13] Larson A. David Lutz R. Wendell Podgorsak Ervin B. Wu Andrew. Schell M., Bova Frank. Report of task group 42 radiation therapy committee. Technical Report 54, AAPM Report, 1995.
- [14] P. Santa María Andrés, B. Gaspard Aldo, Pinillos Luis A. Mayer Zaharia, Bassan, Alfredo M. Ledesma, A. Castillo Gutiérrez, P. Chávez Cesar, R. Cabello Mattos, and S. Guzmán Calcina. Radiocirugía en el tratamiento de las metástasis cerebrales. *Revista Peruana de Neurocirugía*, 2(4), 2007.
- [15] Loeffler J. Shrieve D. *Human Radiation Injury*. Lippincott Wilkins, 1 edition, 2011.
- [16] R. Liscak, V. Vladyka, J. Novotny, G. Brozek, K. Namestkova, V. Mares, V. Herynek, D. Jirak, M. Hajek, and E. Sykova. Leksell gamma knife lesioning of the rat hippocampus: the relationship between radiation dose and functional and structural damage. *J. Neurosurg*, 97, 2002.
- [17] E. H. Balagamwala, S. T. Chao, and J. H. Suh. Principles of radiobiology of stereotactic radiosurgery and clinical applications in the central nervous system. *Technology in Cancer Research and Treatment*, 11(1), 2012.
- [18] Y. Martos. *Resultados a Largo Plazo de la Radiocirugía en Adenomas Hipofisarios*. PhD thesis, Universidad de Granada, España, 2012.
- [19] W. Chang, Heonjoo Park Song, J. Griffin Obert, and H. Levitt. Seymour. Radiobiology of stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiation therapy. *Medical Radiology*, 174, 2011.